

**MESSUNGEN DER PUFFERKAPAZITÄT
VON NAHRUNGSMITTELN IN VITRO UND IN VIVO**

von
Dieter Schüle
aus
Ansbach

1973

Aus der Medizinischen Klinik mit Poliklinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. L. Demling

MESSUNGEN DER PUFFERKAPAZITÄT VON NAHRUNGSMITTELN IN VITRO UND IN VIVO

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt
von
Dieter Schüle
aus
Ansbach

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät der
Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. L. Demling

Referent: Prof. Dr. L. Demling

Tag der mündlichen Prüfung: 17. Dezember 1973

Inhaltsverzeichnis

- I. Einleitung
- II. Instrumentarium
- III. Überprüfung der Glaselektrode
 - 1. Glaselektrode und visköses Material
 - 2. Glaselektrode und Fett
 - 3. Ergebnisse
- IV. Untersuchungsmethodik und eigenes Material
 - 1. Messungen
 - 2. Zusammensetzung der einzelnen Mahlzeiten
 - 3. Meßergebnisse
 - a) Vergleich EW mit KH
 - b) Vergleich EW mit Fett
 - c) Vergleich KH mit Fett
- V. Überprüfung des Einflusses von Fett auf die Magensäure
- VI. Diskussion der Ergebnisse mit Schlußfolgerungen
- VII. Zusammenfassung
- VIII. Literaturverzeichnis
- IX. Tabellen



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548407_0066

Einleitung

Schon im Jahre 1877 hat D. Szabó, im Laboratorium Hoppe-Seyler's, als erster den menschlichen Magensaft nach Absaugen mit einer Sonde untersucht. Diese Methode dominierte über lange Jahre, bis im letzten Jahrzehnt Mackey und Jacobsen als erste den Intestinalsender entwickelten und damit die telemetrische Übertragung von Säurewerten in die Praxis einführten.

Seitdem die Einführung der Sonde es uns ermöglicht hat, den Magen während der Verdauung gleichsam in seiner Tätigkeit zu beobachten, hat die klinische Forschung sich bemüht die normalen und die pathologischen Verhältnisse zu studieren, um so die diagnostischen Kenntnisse und therapeutischen Möglichkeiten zu messen.

Wir untersuchten die Frage, in wie weit die verschiedenen Bestandteile der Nahrungsmittel den pH-Wert im Magen beeinflussen und in wie weit die telemetrische Übertragung durch die verschiedene Viskosität und durch den Fettgehalt verfälscht wird.

Instrumentarium

Für unsere Zwecke - Messung des pH-Wertes - haben wir das National-Gastrointestinal-Ph-Telemeter, Modell TPH - 0,4, der Matsushita Electric Industrial Co. verwendet.

Dieses Gerät ist besonders zur telemetrischen Messung des pH-Wertes im Magensaft mit Hilfe einer Glaselektrode konstruiert.

Bei der Telemeterkapsel handelt es sich um eine Mikroglaselektrode, die zusammen mit der Referenzelektrode auf einen Träger montiert ist. Zum Schutz der Elektrode wird ein Metallkäfig aufgeschraubt, um direkten Kontakt mit der Schleimhaut zu vermeiden.

Zwischen Käfig und Glaselektrode wurde eine Spülvorrichtung, die aus einem dünnen, am Ende rechtwinklig gebogenen Plastikschauch bestand, der mit diesem Teil zwischen Anode und Kathode endete, eingebaut, um das Ansetzen von Nahrungsmitteln zu verhindern.

Das Elektrodenglas besteht aus Lithiumoxyd, wodurch der Innenwiderstand der Glaselektrode stark verringert wird. Der Träger mit den Glaselektroden ist auf einen zylinderförmigen Körper aufgeschraubt, der den HF-Oszillator und die Batterie enthält.

Die Sendefrequenz wird durch den pH-Wert moduliert und liegt zwischen 1,8 - 2,1 Mhz.

Als feste Bezugspunkte für die Kapsel wurden die Standard-pH-Werte 2,5 und 8 bei 37° C gewählt. Dazu wurden zur Fixierung Standardpufferlösungen verwendet.

Das elektrische Potential der Glaselektrode wird über eine dünne, abgeschirmte Leitung, die gleichzeitig als Aufhängung der Meßelektrode dient, zu einem Impedanzwandler und Zwischenverstärker geleitet, diese trägt der Proband zusammen mit dem Sender in einer Tasche auf dem Rücken.

Das Signal wird in der Empfängerschaltung demoduliert und in ein Gleichspannungssignal verwandelt. Auf einem Potentialschreiber wird ein linearer, dem pH-Wert proportionaler Schreiberausschlag registriert. Als Empfängerteil mit Meßwertwandler und Registriergerät wurde ein Gerät der Fa. Hellige - Freiburg verwendet. Die Papiergeschwindigkeit des Registriergerätes betrug bei unseren Messungen 180 mm/Std.

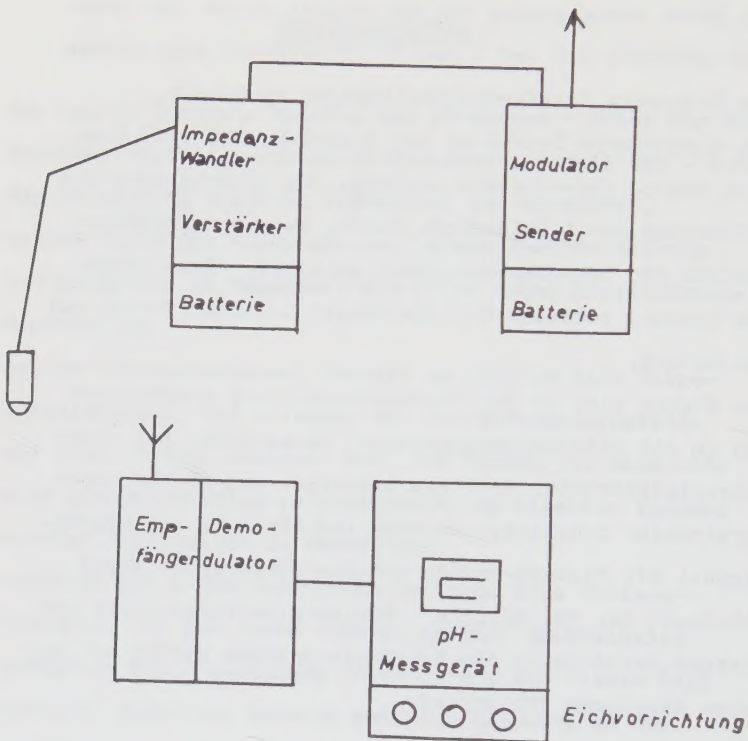


Abb. 1 Schaltbild des pH-Telemetrieegerätes

Überprüfung der Glaselektroden

Zur Überprüfung der Glaselektrode sind folgende Fragen zu beantworten:

1. Welche Fehler treten beim Messen mit Glaselektroden im viskösen Material der vorhandenen Suspension auf?
2. Entstehen Fehler durch das Ansetzen von Fettpartikeln an der Glaselektrode?

1. Glaselektrode und visköses Material

Zu diesem Zweck haben wir in einem Modellversuch die Testmahlzeiten getrennt in einem elektrischen Rührgerät (Starmix) zu einer homogenen, pastenartigen Masse verarbeitet und jeweils mit $n/1/HCL$ versetzt. Eiweißkost (120 g) und Fettkost (120 g) mit gleichen Teilen $n/10 HCL$ (120 ml), Kohlehydratkost (120 g) mit der halben Menge HCL (60 ml). Die Ansätze wurden gut durchgerührt und 24 Stunden abgestellt. Dann wurden sie in einer Zentrifuge in zwei Phasen, eine hochvisköse und eine flüssige Schicht, getrennt. Mit einer Beckmann-Meßelektrode vom Typ 39042 D7 und einer Ingold-Referenzelektrode vom Typ 340 F Nr. K002572 K wurden nun vier Messungen durchgeführt.

Referenzelek.

Bezugselek.

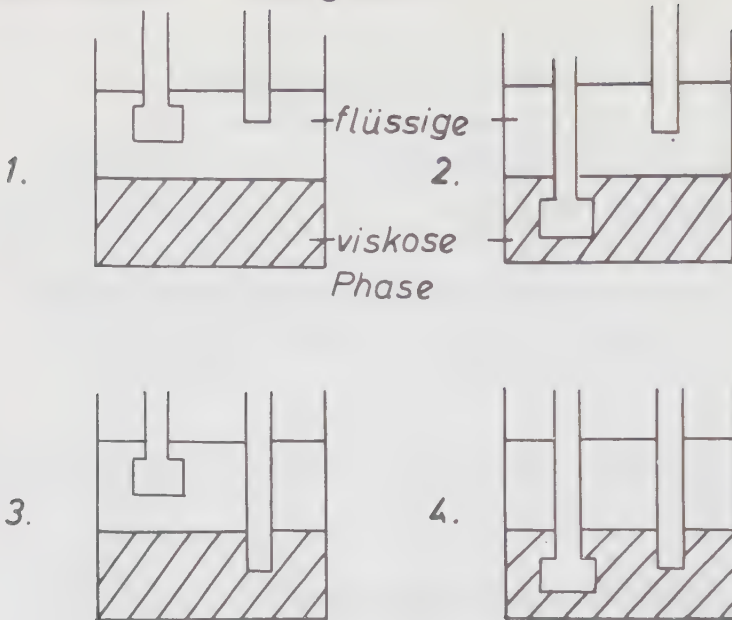


Abb. 2 Modellversuch

1. MeBelektrode in der wässrigen Schicht
Referenzelektrode in der wässrigen Schicht
2. MeBelektrode in der viskösen Schicht
Referenzelektrode in der viskösen Schicht
3. MeBelektrode in der flüssigen Schicht
Referenzelektrode in der viskösen Schicht
4. MeBelektrode in der viskösen Schicht
Referenzelektrode in der flüssigen Schicht

Um einen weiteren Fehler durch Nichteinstellung des Donnan'schen Gleichgewichtes auszuschalten, wurden die in zwei Schichten getrennten Ansätze nochmals 24 Stunden abgestellt und dann die gleichen Messungen wiederholt.

2. Glaselektroden und Fetteinfluß

Zur Beantwortung von Frage 2 wurde folgender Versuch durchgeführt:

30 ml Pufferlösung pH 4 wurden mit 15 ml Mazolaöl und einem Kaffeelöffel Sahne versetzt. Diese Suspension wurde mit einem Magnetrührer gut durchgemischt. Mittels der Telemeterkapsel wurde nun der pH-Wert während zwei Stunden gemessen.

3. Ergebnisse

	<u>sofort</u>	<u>E</u>	<u>24 h</u>	<u>F</u>	<u>KH</u>
1. MeBelek. i.d. f. Schicht,					
Refelek. i.d. f. Schicht:	4,85		4,7	3,45	4,6
2. MeBelek. i.d. v. Schicht,					
Refelek. i.d. v. Schicht:	4,75		4,7	3,40	4,6
3. MeBelek. i.d. v. Schicht,					
Refelek. i.d. f. Schicht:	4,75		4,7	3,50	4,6
4. MeBelek. i.d. f. Schicht,					
Refelek. i.d. v. Schicht:	4,75		4,7	3,50	4,6

(f=flüssig, v=viskös)

Wie aus der oben angeführten Tabelle hervorgeht, zeigt die Messung bei dem Modellversuch für Eiweißmahlzeit, bei sofortiger Bestimmung nach dem Ansetzen, pH-Werte zwischen 4,85 - 4,75, für Kohlehydratmahlzeiten unter gleichen Bedingungen pH-Werte von 4,6 und für Fettmahlzeiten pH-Werte zwischen 3,4 und 3,5.

Bei der Überprüfung des Fehlers durch Nichteinstellung des Donnan'schen Gleichgewichtes, haben wir die Messung bei der Eiweißmahlzeit nach 24 Stunden noch einmal vorgenommen, wobei sich der pH^* Wert auf 4,7 konstant eingestellt hat. Der Modellversuch zeigt also eine Streubreite von maximal 0,1 pH - Einheiten, die keine nennenswerte Fehlerquelle für unsere Zwecke darstellt. Dieser Fehler entspricht dem der Meßvorrichtung. Eine Verfälschung des Ergebnisses durch den Einfluß von hochviskösem Material, wie es der Speisebrei im Magen darstellt, ist damit ausgeschlossen, vorausgesetzt, die Durchmischung des Mageninhaltes sorgt für eine konstante "Azidität" in allen Magenregionen.

Die Abbildung zeigt, daß sich bei dem Modellversuch zur Bestimmung eines eventuellen Fehlers durch Ansetzen von Fett an Glaselektroden, während zwei Stunden nur ein Abfall des pH-Wertes von 4,2 auf 4,0 also um 0,2 pH-Einheiten ergab. Da unsere späteren Versuche in der Zeitspanne von maximal 3 Stunden abliefen, dürfte ein pH-Abfall in dieser Größenordnung ebenfalls keine nennenswerte Fehlerquelle sein.

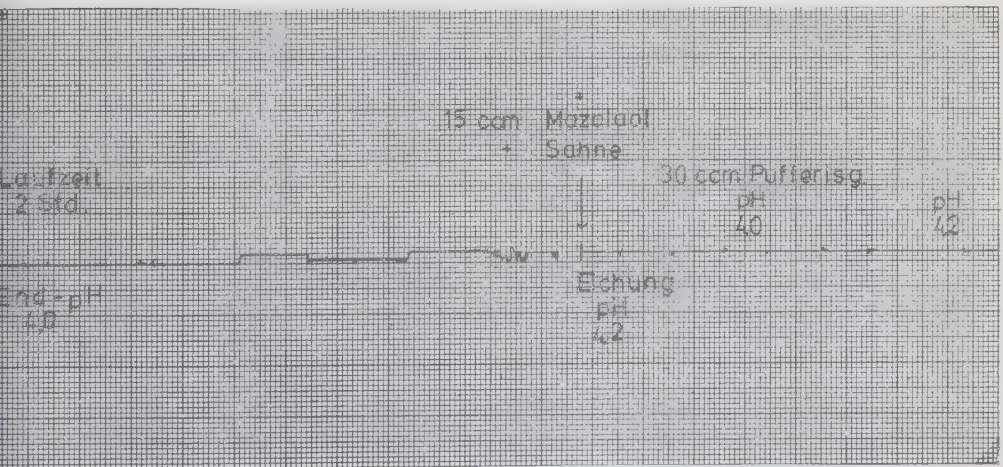


Abb. 3 Aufzeichnung des Modellversuchs zur Überprüfung der Glaselektrode auf Ansetzen von Fett

Untersuchungsmethodik und eigenes Material

Im gastroenterologischen Laboratorium der Med. Universitätsklinik Erlangen - Nürnberg wurden 10 Probanden untersucht (Durchschnittsalter 25 Jahre, ♀ n=2, ♂ n=8).

Bei den Probanden handelte es sich um gesunde Personen ohne Magen- oder intestinale Erkrankungen. Die Messungen erfolgten für 3 verschiedene Mahlzeiten an drei aufeinanderfolgenden Tagen, jeweils in der Zeit zwischen 11 und 15 Uhr, wobei die zu Untersuchenden mit nüchterem Magen erschienen.

Die Probanden verschluckten die vorher geeichte Glaselektrode, die durch ein Kabel mit dem Sender verbunden war. Um die zeitweise auftretenden Würgreflexe zu verhindern, haben wir den Gaumen mit Novesin anästhesiert. Nach dem Schlucken wurde die Kapsel durch den Oesophagus in den Magen geschoben und an die tiefste Stelle des Antrums gelegt. Die Lage der Kapsel wurde durch Röntgenkontrolle überwacht. Anschließend haben wir das Aufhängekabel der Kapsel mit Leukoplaststreifen an der Wange fixiert, um eine Verschiebung der Glaselektrode zu verhindern.

1. Messung

Zuerst wurde vor jeder Mahlzeit der Basal-pH-Wert bei jedem Probanden festgestellt. Nach dem Schlucken der Kapsel kommt es durch Würgen und nachfolgendem Reflux von Duodenalinhalt oft zu einer Verschiebung des pH-Wertes. Wir haben deshalb solange abgewartet, bis sich ein konstanter pH-Wert über mindestens 5 Minuten einstellte. Diesen konstanten Wert nahmen wir als Basal-pH-Wert an.

Anschließend bekam jeder Proband eine Mahlzeit von ca. 720 Kalorien mit 80 % Eiweißgehalt. An den zwei darauffolgenden Tagen haben wir den Versuch unter denselben Bedingungen wiederholt, dieses Mal jedoch mit Mahlzeiten, bestehend aus 80 % Kohlehydrate und 80 % Fett. Die Konsistenz der Mahlzeiten war ähnlich und zum grössten Teil fest.

2. Zusammensetzung der einzelnen Mahlzeiten

Tabelle 1: Zusammensetzung des Mittagessens mit 80 %

Eiweiß

	E	F	KH	Cal.
200 g Huhn	41,2	11,2	-	288
100 g Kartoffelbrei	2,0	0,1	19,0	85
100 g Milch für Brei	3,3	3,6	4,8	67
200 g Spargelgemüse	3,8	0,2	5,8	40
15 g Butter	0,1	12,4	-	117
100 g Quark	17,2	0,6	1,8	88
100 g Erdbeeren	0,9	0,4	8,0	39
	68,5	28,5	39,4	724

Tabelle 2: Zusammensetzung des Mittagessens mit 80 %

Kohlehydrate

Hühnersuppe

	E	F	KH	Cal.
20 g Nudeln	2,6	0,6	14,8	78
100 g Huhn	20,1	5,7	-	144

Reisaufglauf

250 g Milch	8,2	7,5	12,2	152
70 g Reis	4,9	0,4	55,1	258
10 g Zucker	0	-	10,0	39
100 g Äpfel	0,3	0,3	12,1	52
	36,1	14,5	95,2	723

Tabelle 3: Zusammensetzung des Mittagessens mit 80 %

Fett

	E	F	KH	Cal.
100 g geb. Hirn	9,8	8,6	0,8	128
10 g Butter	0,1	8,3	-	78
100 g Bratkartoffeln	2,0	0,1	19,0	85
15 g Butter	0,1	12,4	-	117
150 g Kopfsalat	1,8	0,3	2,5	21
5 g Mazolaöl	-	5,0	-	93
100 g Pfirsichkompott	0,7	0,1	10,5	46
50 g Schlagrahm	1,1	15,0	1,4	150
	15,6	49,8	34,2	718

Die Einnahme der Mahlzeiten dauerte durchschnittlich 15 bis 20 Minuten, wobei das durch den Mundwinkel laufende Senderkabel beim Kauen und Schlucken kein Hindernis darstellte. Übelkeit und Brechreiz traten nicht auf. Die Probanden wurden angehalten, die Speisen sorgfältig zu durchkauen und einzuspeicheln. Nach der Essenseinnahme durften sich die Patienten bis zur Wiedereinstellung des Basalwertes frei im Raum bewegen. Rauchen und zusätzliche Flüssigkeitszufuhr waren in dieser Zeit verboten.

Die pH-Werte wurden durchgehend mit dem Schreiber des Meßgerätes aufgezeichnet bis zum Wiedererreichen des basalen pH-Wertes.

Zwischendurch wurde über einen Polyesterschlauch, der zwischen der Referenzelektrode und der Meßelektrode endete, die Glaselektrode in bestimmten Abständen mit max. 1 ml destilliertem Wasser durchspült, um ein Ansetzen von Speiseresten zu vermeiden. Zwischendurch vorgenommene Röntgenkontrolluntersuchungen ergaben keine Lageveränderung der Kapsel.

Nach Erreichung des basalen pH-Wertes und dessen konstanter Aufzeichnung, wurde die Glaselektrode wieder aus dem Magen entfernt. Dann erfolgte die Rückeichung des Gerätes bei pH-Wert 2,5 und 8. Einzelheiten können aus den Probandenkurven entnommen werden.

3. Messergebnisse

Die Zeiten bis zur Wiedererreichung des Basalwertes lagen bei Eiweißkost zwischen 110 und 225 Minuten, bei Kohlehydratkost zwischen 50 und 190 Minuten und bei Fettkost zwischen 45 und 85 Minuten.

Die Gipfel der pH-Kurven lagen für Eiweiß zwischen 3,2 und 6,1, für Kohlehydrate zwischen 3,5 und 5,8 und für Fett zwischen 2,0 und 4,7.

Aus diesen Werten kann man leicht entnehmen, daß bei den verschiedenen Probanden für die gleiche Kost große individuelle Unterschiede der intragastralen Säuerung festzustellen sind.

Um zu einem vergleichbaren Ergebnis zu kommen, haben wir für unsere Zwecke als Vergleichspunkt das Wiedererreichen der pH-Stufen 4,0 - 3,5 - 3,0 - 2,5 - 2,0 und des Basal-pH-Wertes verwendet. Hier haben wir die Zeiten gemessen, in denen sich die oben genannten pH-Stufen einstellten. Diese Zeiten wurden an den pH-Fixpunkten für jeweils zwei Mahlzeiten miteinander verglichen. Zum Vergleich wurde der Zeichenrangsummentest nach Wilcoxon herangezogen.

a) Vergleich Eiweiß mit Kohlehydraten

Bei den pH-Stufen 3,5 - 2,5 - 2,0 und dem Basal-pH-Wert zeigte sich eine signifikante zeitliche Verlängerung für die eiweißreiche Kost.

Bei pH-Wert 3,5 gab es bei acht Fällen sieben verlängerte Werte für Eiweiß. In zwei Fällen wurde der pH-Wert 3,5 nicht erreicht, jedoch ließ sich auf Grund des Wilcoxon-Testes ein signifikanter Unterschied errechnen.

Bei pH 2,5 - 2,0 und dem Basal-pH-Wert waren die Zeiten in allen zehn Fällen zu Gunsten von Eiweiß verlängert.

Obwohl bei pH-Wert 4,0 nur sechs vergleichbare Versuche vorhanden waren, konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden, da alle sechs Werte eine Verlängerung der Eiweißzeit zeigten.

Bei pH-Wert 3,0 bestand nach Wilcoxon kein signifikanter Unterschied, obwohl das numerische Verhältnis mit sieben zu drei auf Seiten des Eiweisses lag.

Siehe Tabelle 4.

b) Vergleich Eiweiß mit Fett

Bei den pH-Stufen 3,5 - 3,0 - 2,5 - 2,0 und dem basalen pH-Wert errechneten wir nach Wilcoxon eine signifikante Verlängerung zu Gunsten von Eiweiß.

Bei pH-Wert 4 ergab sich wegen mangelnder Fallzahl kein signifikanter Unterschied (nur fünf vergleichbare Fälle, die alle positiven Wert für Eiweiß zeigten).

Siehe Tabelle 5.

c) Vergleich Kohlehydrate mit Fett

Hier konnten wir für die pH-Werte 3,5 - 3,0 - 2,5 - 2,0 und dem basalen Wert signifikante Verlängerungen für Kohlehydrate messen. Numerisch war bei pH-Wert 3,0 - 2,5 und 2,0 ein Fall für Fette positiv, die restlichen neun für Kohlehydrate. Bei pH-Wert 3,5 zwei positive Fälle für Fett. pH 3,5 zeigte bei neun vergleichbaren Fällen sieben positive für Kohlehydrate. Für pH-Wert 4,0 konnte wiederum mangels vergleichbarer Fallzahl kein signifikanter Unterschied errechnet werden, von fünf Fällen waren vier zu Gunsten von Kohlehydrate verlängert. Siehe Tabelle 6.

Aus dem Zeichenrangsummentest nach Wilcoxon ergibt sich also eindeutig, daß die Eiweißkost die beste Pufferwirkung besitzt, danach folgt die Kohlehydratkost vor der Fettkost. Diese Verhältnisse sind aus der nachfolgenden graphischen Darstellung zu ersehen.

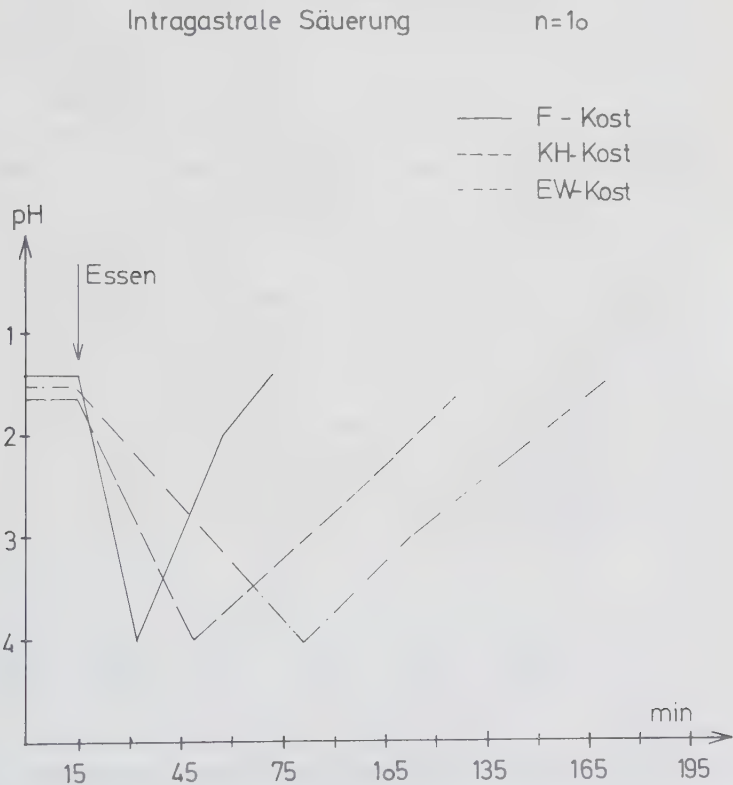


Abb. 4 Intragastrale Säuerung bei Fett-, Kohlehydrat- und Eiweißkost

Intragastrale Säuerung

(Signifikanzgrenzen)

n=10

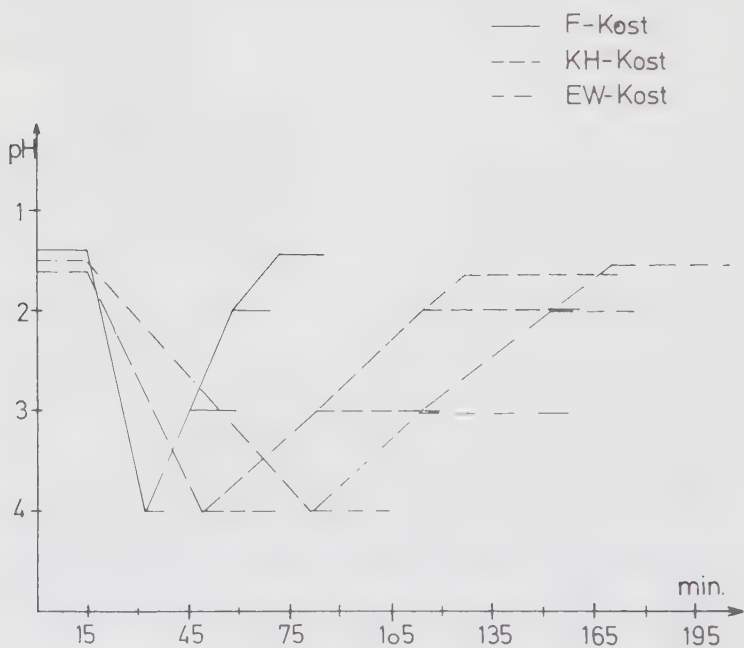


Abb. 5 Intragastrale Säuerung bei Fett-, Kohlehydrat- und Eiweißkost mit Signifikanzgrenzen

Überprüfung des Einflusses von Fett auf die Magensäure

Für diese Untersuchung wurden acht gesunde Probanden mit einem Durchschnittsalter von 25 Jahren ausgewählt.

Diese Probanden erhielten an fünf aufeinanderfolgenden Tagen fünf verschiedene Mahlzeiten mit einem wechselnden Fettgehalt. Die Grundkost bestand aus 150 g Karottenbrei und 200 g Kartoffelbrei.

Die Probanden bekamen zunächst die Grundkost ohne Öl zu essen. An den darauffolgenden Tagen wurden dieser Kost 10 g, 20 g, 40 g und 80 g Mazolaöl zugesetzt.

In Abständen von jeweils 15 Minuten wurde während drei Stunden der pH-Wert bestimmt. Zu diesem Zweck wurde mittels eines Magenschlauches ca. 3 ml Magensaft abgesaugt und mit einem Beckmann-pH-Meter und einer Ingold-Glas-elektrode der pH-Wert bestimmt.

Anschließend wurde das Abgesaugte den Probanden wieder instilliert, damit keine Veränderung des Magen Volumens entstand.

Ergebnisse

Um aus den erhaltenen Werten ein Fazit zu ziehen, haben wir, wie beim vorhergehenden Versuch, das Wiedererreichen des basalen pH-Wertes für die verschiedenen Mahlzeiten verglichen. Zu diesem Zweck wurden die Mittelwerte der Rückbildungszeiten ermittelt. Dieser betrug für die Grundmahlzeit 93,8 Minuten, für die Mahlzeit mit 10 g Fett 114,48 Minuten, mit 20 g Fett 97,5 Minuten und mit 40 g Fett und 80 g Fett jeweils 120 Minuten. Es zeichnet sich also die Tendenz ab, daß die Rückbildungszeiten mit höher werdendem Fettgehalt ansteigen. Siehe Tabellen 8 - 12

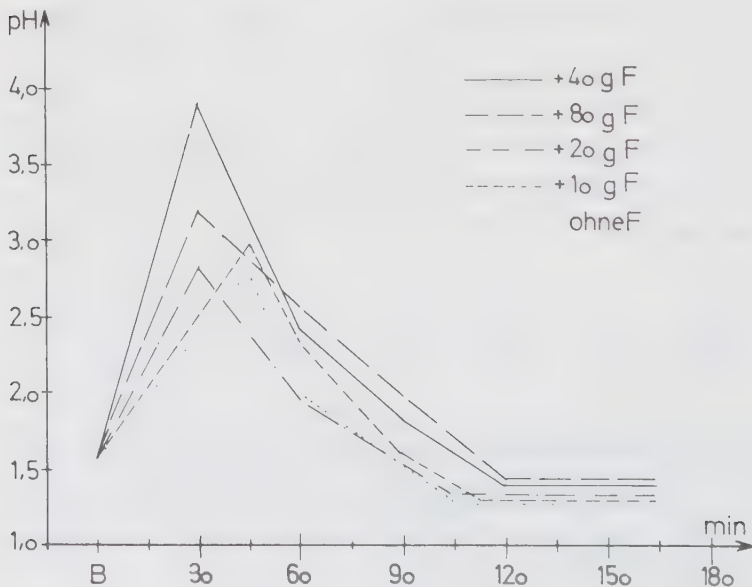


Abb. 6 Abhängigkeit des pH-Wertes vom Fettgehalt bei gleicher Grundmahlzeit

Die Mittelwerte der Rückbildungszeiten wurden zusätzlich in einer Signifikanzanalyse nach Duncan gegeneinander abgewogen. Beim Vergleich der Grundmahlzeit mit den Fettmahlzeiten konnte, mit Ausnahme der Mahlzeit mit 20 g Fett, in jedem Fall ein signifikanter Unterschied errechnet werden. Der Vergleich der Mahlzeit mit 10 g Fett mit den übrigen Fettmahlzeiten ergab keine signifikante Unterschiede, während die Mahlzeit mit 20 g Fett signifikante Unterschiede zu den Mahlzeiten mit 40 g und 80 g Fett zeigte. Die Mahlzeiten mit 40 g Fett und 80 g Fett hatten dieselben Rückbildungszeiten.

Siehe Tabelle 13

Diskussion und Schlußfolgerungen

Die Bestimmung des pH-Wertes im Magen ist für die Diagnostik der Säureverhältnisse des Magens von Bedeutung.

An Hand von 10 gesunden Personen haben wir mit einem neu-entwickelten pH-Telemeter - das sogenannte National - Gastrointestinal Telemeter, Modell TPH - 0,4, der Matsushita Electric Industrial Co. - den Einfluß von Mahlzeiten mit überwiegendem Gehalt von Fett, Kohlehydraten und Eiweiß auf den Magen-pH bestimmt.

Das Gerät bietet gegenüber den herkömmlichen Methoden einige Vorteile. Der Patient ist nicht an eine Sonde fixiert und kann sich frei im Zimmer bewegen, das Untersuchungsergebnis wird fortlaufend aufgezeichnet.

Die Befürchtung einer Beeinflussung der Meßgenauigkeit der Glaselektrode durch visköses Material oder Fett konnten wir durch Modellversuche entkräften.

Die Auswahl der Mahlzeiten erfolgte nach den Vorschlägen von Bircher und Haemmerli (1), daß eine Diätvorschrift geschmackvoll und appetitlich sein soll. Die Speisen waren kalorisch vollwertig, jedoch ohne "magenschleimhautreizende" Gewürze zubereitet.

Bei unseren Versuchen kamen wir, in Übereinstimmung mit den meisten Autoren, zu dem Ergebnis, daß Eiweiß die größte Pufferkapazität besitzt. J. E. Lennard-Jones (12) hat ebenfalls festgestellt, daß bei Diät mit höherem Proteingehalt der Säuregrad im Magen schneller absinkt und langsamer wieder ansteigt.

A. Schüle stellte 1895 die Frage, welchen Säurespiegel erreicht der Magensaft bei Fleisch-, Amylaceen- und Milchkost. Er hat bei vier gesunden Probanden, durch Absaugen und Titrieren mit n/10 HCL gegen Phenolphthalein und Phloroglucin die freie HCL und die Gesamtacidität bestimmt.

Dabei konnte er feststellen:

1. Fleischverdauung: Freie HCL nach 1 - 2 Stunden, Maximum 2 - 3 Stunden, fällt dann langsam ab.
(Bei unseren Versuchen ergab sich für die Pufferungsdauer ein Mittelwert von 171 Minuten)
2. Kohlehydratverdauung: Freie HCL nach 1/2 - 1 Stunde, Maximum 70 - 90 Minuten (bei unseren Untersuchungen ergab sich ein Mittelwert von 125 Minuten)

3. Milchverdauung: Maximum 45 - 60 Minuten (bei unseren Untersuchungen ergab sich für die Fettabpufferung ein Mittelwert von 73 Minuten)

Die Gegenüberstellung von Eiweiß - Fett, Fett - Kohlehydrate und Kohlehydrate - Eiweiß ergab in jedem Falle errechenbare signifikante Unterschiede (n. Wilcoxon) zu Gunsten von eiweißreicher Kost, gefolgt von kohlehydratreicher und schließlich fettreicher Kost.

Uns erscheint hier die Pufferkapazitätsfrage der einzelnen Mahlzeiten von großer Bedeutung, insbesondere ihre Anwendung in der Diätbehandlung verschiedener Magenerkrankungen. Rund 10 % der Bevölkerung machen im Laufe ihres Lebens Magen- oder Duodenalulcera durch (Niwayama G. und Terplan K., zitiert von Bircher und Haemmerli 2).

Die Magensäure spielt im Ulcusgeschehen zweifellos eine große Rolle. Sie ist zumindest das letzte Glied in der pathogenetischen Kette der Ulcusentstehung (Demling). Dekkers (5) glaubt, daß die Ursache der Ulcusschmerzen die chemische Irritation des Ulcuskraters durch HCL sei. Kirsner und Palmer stützen diese Vermutung. Durch Instillation von Säure in den Magen, der Darreichung von Magensaft oder durch Stimulierung der Salzsäuresekretion mit Histamin provozierten sie den Ulcusschmerz. Manche Autoren behaupten sogar, das Ulcusleiden sei eine "alimentary disease" (Dekkers 5).

Wir sind der Meinung mit Saint-Hilaire (13), Edward Woldman (18), Cleave (zitiert nach Lennard-Jones 12) und anderen Autoren, daß Nahrungsproteine im Magen ein wirksamer Puffer sind. Die Säuresekretion wird aber entsprechend dem Proteingehalt der Mahlzeiten angeregt. Die Pufferkapazität und die Säurestimulierung des Eiweißes gehen parallel. Es bestehen zeitliche Unterschiede zwischen den beiden Phänomenen. Im Magen tritt die Säurepufferung sofort nach Einnahme der Nahrung auf, während die entsprechende Säureproduktion etwas verzögert erfolgt. Durch Einnahme von proteinhaltigen Nahrungsmitteln kann deshalb die Säurekonzentration nur vorübergehend vermindert werden. Um möglichst großen therapeutischen Nutzen zu erzielen, sollte dieser Puffereffekt durch häufige, in geringen Abständen erfolgende Einnahme von Nahrung gesteigert werden. (Bircher und Haemmerli 2).

Vorwiegend unter dem Einfluß von Fett und Fettsäuren, besonders Nahrungsfett, wird "Enterogastrone" aus der Dünndarmschleimhaut freigesetzt (Demling 7, Gregory 8). Das "Enterogastrone" inhibiert die Freisetzung von Gastrin aus dem Antrum (Debas 4) und reduziert die Mobilität und die Säureentleerung des Magens in das Duodenum. Vermutlich ist es mit dem kürzlich von Brown entdeckten gastric inhibitory polypeptide (GIP) identisch.

In einer Versuchsreihe an acht Probanden haben wir an fünf aufeinanderfolgenden Tagen Mahlzeiten mit steigendem Gehalt an Mazolaöl gegeben und die intragastrale Pufferzeit gemessen. Mit steigendem Fettgehalt stieg die Zeit bis zum Wiedererreichen des Basalwertes (Hemmung der Säurebildung und / oder verzögerte Magenentleerung?).

Bei der Diätbehandlung des Magenulcus kann also das Nahrungsfett von Nutzen sein, weil die Säureproduktion verzögert wird. Die totale Säureproduktion wird zwar durch Fett vermutlich nicht verhindert. Somit erscheint eine Diät adaequat, die genügend Proteine und Fett enthält. Dies ist bei einer ausgeglichenen Kost der Fall.

Buchman (3) stellte fest, daß das peptische Ulcus des Menschen nach einer regulären Kostform ebenso wie nach einer vorgeschriebenen Diät unterschiedslos abheilt. Die einzige zusätzliche Forderung besteht in der Verabreichung von häufigen Mahlzeiten, damit die Pufferkapazität voll ausgenutzt wird (Haft 9).

Sicherlich sollten sogenannte Säurelocker, wie zum Beispiel Pfeffer, Chilipfeffer und andere Gewürze (M. Schneider 16, Enrico Sanchez-Palomera 14) vermieden werden. Genaue Messungen der Magensekretion fehlen zu dieser Frage allerdings noch.

Zusammenfassung

Eine telemetrische pH-Messeinrichtung (Modell) wurde auf seine Eigenschaften und mögliche Fehlerquellen überprüft. Die Telemetrikapsel (Glaselektrode mit Referenzelektrode) arbeitet sowohl in viskösem Material als auch in Fett hinreichend genau. An Hand von 10 Probanden bestimmten wir die Pufferkapazität von Eiweiß-, Kohlehydrat- und Fettkost. Eiweißreiche Kost besaß erwartungsgemäß die höchste Pufferkapazität.

Der Einfluß von Fett auf die Magensäure (pH) wurde an weiteren 8 Probanden gemessen. Die Pufferkapazität stieg mit zunehmendem Fettgehalt signifikant an. Mögliche Schlußfolgerungen für die diätische Ulcustherapie wurden erörtert.

Literaturverzeichnis

1. BIRCHER, J., HAEMMERLI, U.P.: Diättherapie bei gastroenterologischen Erkrankungen. Versuch einer kritischen Stellungnahme
Schweiz. Med. Wschr. 97 Nr. 50 (1967)
1687 - 1696
2. BIRCHER, J., HAEMMERLI, U.P.: Die internistische Therapie des unkomplizierten Magen - Duodenalulcus.
Münchener Med. Wschr. 6 (1969) 272 - 277
3. BUCHMAN, E., KAUNG, D.T., DOLAN, K., KNAPP, R.N.:
Unrestricted Diet in the Treatment of Duodenal Ulcer
Gastroenterology (1969) 56, 1016 - 1020
4. DEBAS, H.T., BEDI, B.S., GILLESPIE, J.E.: Mechanismus by which Fat in the Upper small intestine Inhibits Gastric Acid
Gastroenterology 56 (1969), 485 - 487
5. DEKKERS, H.J.N.: Carbohydrate Diet for Duodenal Ulcer
Gastroenterologia 86 (1956), 496 - 504

6. DEMLING, L.: Pathophysiologie und Therapie des Ulcus pepticum
Fortschr. d. Med. 15 (1965), 575 - 578
7. DEMLING, L.: Die Physiologie des Magens, aus ' der kranke Magen ' (1970), 57 - 63
8. GREGORY, R.A.: Secretory mechanismus of the gastro-intestinal tract
Edward Arnald and Co., London (1962),
117 - 133
9. HAFTER, E.: Konservative Behandlung des gastroduodenalen Ulcus
Praxis 56 (1967), 266 - 269
10. KIRSNER, J.B., PAIMER, W.L.: Peptic Ulcer
Amer. J. Med. 12 (1965), 615 - 619
11. LENNARD-JONES, J.E., BAEOURIS, N.: Effect of different foods on the acidity of the gastric contents in patients with duodenal ulcer
Part I: A comparison between two therapeutic diets and freely- chosen meals.
Gut 6 (1965), 113 - 117

12. LENNARD-JONES, J.E., FLETSCHER, J., SHAW, D.G.:
Effect of different foods on the acidity
of the gastric contents in patients with
duodenal ulcer
Part III: Effect of altering the proportions
of protein and carbohydrate
Gut 9 (1968), 177 - 182
13. SAINT-HILAIRE, S., LAVERS, M.K., KENNEDEY, J., CODE, F.:
Gastric acid secretory value of different
foods
Gastroenterology 39 (1960), 1 - 11
14. SANCHEZ-PALOMERA, E.: The action of spices on the acid
gastric secretion, on the appetite and on
the caloric intake
Gastroenterology 18 (1951), 254 - 267
15. SANDWEISS, D.J., ALZERMAN, M.H., LOCKWOOD, B.C.:
Enterogastrone in the treatment of
patients with duodenal ulcer
J.A.M.A. (1948), 522
16. SCHNEIDER, M., DE LUCA, V., SEYMOUR, J.: The effect
of spice ingestion upon the stomach
America Journal of Gastroenterology,
New York 26 (1956), 722 - 731

17. Schüle, A.: Untersuchungen über die Secretion und
Motilität des normalen Magens
Z.F.Klin.Med. 28 (1895), 461 - 504
18. WOLDMAN, E.E., FISHMAN, D., KNOWLTON, R.S., ROUSUCK, A.A.,
STONER, W.C.:
Evaluation of protein hydrolysate therapy
for peptic ulcer
J.A.M.A. (1948), 1289 - 1293

Verleich des zeitlichen Wiedererreichens bestimmter pH-Stufen
 bei KH- und EW-Kost n = 10
 (Auswertung mit dem Zeichenrangsummentest nach Wilcoxon)

pH 4				pH 5				pH 6			
Nr.	EW	KH	Diff. Rangz.	Nr.	EW	KH	Diff. Rangz.	Nr.	EW	KH	Diff. Rangz.
1	20	66	14	1	98	70	28	1	130	73	57
2	90	83	7	2	112	90	22	2	123	106	17
3	-	62	-	3	56	83	-27	3	65	120	-55
4	36	34	2	4	110	106	4	4	130	149	-19
5	-	-	-	5	90	36	54	5	110	130	62
6	-	26	-	6	-	27	-	6	22	32	-10
7	66	46	20	7	73	50	23	7	96	53	43
8	116	53	63	8	123	73	50	8	136	80	56
9	-	-	-	9	-	65	-	9	100	80	20
10	78	13	65	10	143	56	87	10	185	92	93
p = 0,05 $\sum (-) = 0$				p = 0,05 $\sum (-) = 4$				p > 0,05 $\sum (-) = 10$			
EW signifikant verlängert				EW signifikant verlängert				Kein signifik. Unterschied			
pH 2,5				pH 2				Basal-pH			
Nr.	EW	KH	Diff. Rangz.	Nr.	EW	KH	Diff. Rangz.	Nr.	EW	KH	Diff. Rangz.
1	135	92	43	1	149	106	43	1	180	123	57
2	130	118	12	2	143	-	-	2	155	118	37
3	110	130	-20	3	156	143	13	3	210	155	55
4	173	156	17	4	190	176	14	4	225	180	54
5	112	73	39	5	123	80	43	5	130	105	25
6	76	35	41	6	92	38	54	6	110	50	50
7	130	60	70	7	146	65	81	7	150	65	85
8	143	83	60	8	150	130	20	8	170	130	40
9	125	88	37	9	145	120	25	9	165	137	28
10	200	140	60	10	-	182	-	10	215	190	25
p = 0,01 $\sum (-) = 3$				p = 0,01 $\sum (-) = 0$				p < 0,01 $\sum (-) = 0$			
EW signifikant verlängert				EW signifikant verlängert				EW signifikant verlängert			

pH 4				pH 3,5				pH 3			
Nr.	EW	F	Diff.	Rangz.	Nr.	EW	F	Diff.	Rangz.	Nr.	EW
1	80	-	-	-	1	96	18	76	5	1	130
2	90	32	58	3	2	112	34	78	6	2	123
3	-	26	-	-	3	56	43	13	1	3	65
4	36	35	1	1	4	110	45	65	4	4	130
5	-	36	-	-	5	90	41	59	3	5	110
6	-	-	-	-	6	-	-	-	-	6	22
7	66	34	32	2	7	73	43	30	2	7	96
8	116	24	82	4	8	123	28	95	8	8	136
9	-	-	-	-	9	-	37	-	-	9	100
10	78	-	-	-	10	143	58	85	7	10	185
Kein signifik. Unterschied				$\sum (-) = 0$				$\sum (-) \neq 0$			
$\sum (-) = 0$				$p = 0,01$				$p < 0,01$			
$\sum (-) = 0$				$\sum (-) = 0$				$\sum (-) = 0$			
pH 2,5				PH 2				Basal-pH			
Nr.	EW	F	Diff.	Rangz.	Nr.	EW	F	Diff.	Rangz.	Nr.	EW
1	135	24	111	7	1	149	30	119	8	1	180
2	130	40	90	5	2	143	62	81	3	2	155
3	110	63	47	1	3	156	73	83	4	3	210
4	173	55	118	8	4	190	65	125	9	4	225
5	112	52	60	2	5	123	58	65	2	5	130
6	76	-	-	-	6	92	48	44	1	6	110
7	130	54	76	3	7	146	60	86	5	7	150
8	143	45	98	6	8	150	50	100	7	8	170
9	125	42	83	4	9	145	47	98	6	9	165
10	200	72	128	9	10	-	76	-	-	10	215
$\sum (-) = 0$				$\sum (-) = 0$				$\sum (-) = 0$			
$p < 0,01$				$p < 0,01$				$p < 0,01$			
$\sum (-) = 0$				$\sum (-) = 0$				$\sum (-) = 0$			

Tabelle 6

Vergleich des Wiedererreichens bestimmter pH-Stufen
bei Fett- und bei KH-Kost n = 10

(Auswertung mit dem Zeichenrangsummentest nach Wilcoxon)

pH 4				pH 3,5				pH 3			
Nr.	KH	F	Diff. Rangz.	Nr.	KH	F	Diff. Rangz.	Nr.	KH	F	Diff. Rangz.
1	66	-	-	1	70	18	52	1	73	20	53
2	83	32	51	2	90	34	56	2	106	35	71
3	62	36	36	3	83	43	40	3	120	48	72
4	34	35	-1	4	106	45	61	4	149	50	99
5	26	36	-	5	36	41	-5	5	50	50	-2
6	46	-	-	6	27	-	-	6	32	-	-
7	53	34	12	7	50	43	7	7	53	46	7
8	24	24	29	8	65	38	45	8	80	36	44
9	-	-	-	9	55	37	28	9	80	40	40
10	13	-	-	10	56	58	-2	10	92	70	22
Kein signifik. Unterschied				p = 0,02				p < 0,01			
$\Sigma (-) = -1$				$\Sigma (-) = 3$				$\Sigma (-) = 1$			
pH 2,5				pH 2				Basal-pH			
Nr.	KH	F	Diff. Rangz.	Nr.	KH	F	Diff. Rangz.	Nr.	KH	F	Diff. Rangz.
1	92	24	68	1	106	30	76	1	123	45	78
2	118	40	78	2	-	62	-	2	118	75	43
3	130	63	67	3	143	73	70	3	155	80	75
4	156	55	101	4	176	55	111	4	180	85	95
5	73	52	21	5	80	58	22	5	105	70	35
6	35	-	-	6	38	48	-10	6	50	65	-15
7	60	54	6	7	65	60	5	7	65	85	-20
8	83	45	38	8	130	50	80	8	130	62	68
9	88	42	46	9	120	47	73	9	137	78	59
10	140	72	68	10	182	76	106	10	190	85	105
p < 0,01				p = 0,01				p = 0,01			
$\Sigma (-) = 0$				$\Sigma (-) = 2$				$\Sigma (-) = 3$			

Proband	EW-Kost						KH-Kost						F - Kost					
	pH ₄	pH _{3,5}	pH ₃	pH _{2,5}	pH ₂	Basal pH	pH ₄	pH _{3,5}	pH ₃	pH _{2,5}	pH ₂	Basal pH	pH ₄	pH _{3,5}	pH ₃	pH _{2,5}	pH ₂	Basal pH
1. J.L.	80	98	130	135	149	180	66	70	73	92	106	123	-	18	20	24	30	45
2. D.R.	90	112	123	130	143	155	83	90	106	118	-	118	32	34	35	40	62	75
3. R. S.	-	56	65	170	156	210	62	83	120	130	143	155	26	43	48	63	73	80
4. D.S.	36	110	130	173	190	225	34	106	149	156	176	180	35	45	50	55	65	85
5. F.N.	-	90	110	112	123	130	-	36	48	73	80	105	36	41	50	52	58	70
6. A.H.	*	-	22	76	92	110	26	27	32	35	38	50	-	-	-	-	48	65
7. G.T.	66	73	96	130	146	150	46	50	53	60	65	65	34	43	46	54	60	85
8. M.T.	116	123	136	143	150	170	53	73	80	83	130	130	24	28	36	45	50	62
9. R.S.	-	-	100	125	145	165	-	65	80	88	120	137	-	37	40	42	47	78
10. H.S.	78	143	185	200	-	215	13	56	92	140	182	190	-	58	70	72	76	85
$\bar{x}$:	77,7	100,4	109,7	133,4	150,4	171	47,9	65,6	83,3	97,5	115,6	125,3	31,2	38,6	43,9	44,7	56,9	73,0
s:	26,5	27,8	43,9	40,6	27,9	37,4	22,9	24,3	35,2	41,3	48,7	44,7	5,0	11,3	13,7	13,1	13,6	12,9
s:	27,8	23,2	31,4	30,1	21,4	26,8	19,2	17,4	25,2	30,9	37,4	31,9	5,2	8,7	10,5	9,4	9,8	9,2
Vgl. EW - KH	p=0,05 EW signif. verlängert	p=0,05 kein sign.	p=0,01 kein sign.	p=0,01 kein sign.	p=0,01 kein sign.	p=0,01 kein sign.	p=0,01 kein sign.	p=0,01 kein sign.	p=0,01 kein sign.	p=0,01 kein sign.	p=0,01 kein sign.	p=0,01 kein sign.	p=0,01 kein sign.	p=0,01 kein sign.	p=0,01 kein sign.	p=0,01 kein sign.	p=0,01 kein sign.	p=0,01 kein sign.
Vgl. EW-Fett																		
Vgl. KH-Fett																		

Zeichen - Rangsummentest nach Wilcoxon

Tabelle Veränderung des pH-Wertes in Abhängigkeit von der Zeit

Kost: 150 g Karottenbrei

ohne Fett

200 g Kartoffelbrei

	3	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
1. M.H.	1,4	3,0	3,0	3,2	1,	1,5	1,4	1,4	1,4	1,5	1,4	1,5	1,5
2. F.B.	2,0	2,7	3,2	2,7	1,4	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,3	1,3
3. I.S.	1,4	1,7	2,5	3,3	2,2	1,4	1,3	1,3	1,4	1,3	1,3	1,4	1,3
4. F.W.	2,1	2,5	3,4	3,1	2,2	1,7	1,4	1,5	1,3	1,3	1,2	1,3	1,5
5. R.S.	1,3	1,5	2,1	2,3	2,0	1,5	1,5	1,3	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4
6. K.H.	1,6	4,0	4,6	4,0	3,0	3,5	3,5	1,9	1,7	1,6	1,5	1,4	1,5
7. K.	1,7	3,6	4,5	3,5	3,2	3,5	3,3	3,0	2,5	1,9	1,	1,7	1,5
8. D.W.	1,2	4,2	6,0	5,3	5,4	5,3	3,9	3,4	3,0	2,1	1,	1,9	1,8
$\bar{x}$:	Q02611	Q00733	Q002009	Q00117	Q01003	Q02346	Q02662	Q02955	Q01913	Q03124	Q03634	Q03563	Q02590
s:	Q01553	Q01201	Q002798	Q00167	Q01327	Q02273	Q02254	Q02174	Q01949	Q0155	Q01495	Q01331	Q0115
$\bar{s}$:	Q01298	Q01004	Q002339	Q00139	Q01109	Q01900	Q01884	Q01211	Q01630	Q01202	Q01149	Q01124	Q00372
	1,52	2,13	2,62	2,93	2,00	1,63	1,52	1,53	1,53	1,51	1,44	1,45	1,45

Tabelle 9 Veränderung des pH-Wertes in Abhängigkeit von der Zeit

Kost: 150 g Karottenbrei

+ 10 g Fett

200 g Kartoffelbrei

	B	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
1. A.H.	1,4	1,8	3,2	2,4	2,3	1,7	1,6	1,6	1,4	1,3	1,4	1,3	1,3
2. H.B.	1,5	1,9	4,1	3,7	2,1	2,6	2,0	1,5	1,3	1,2	1,2	1,2	1,3
3. D.S.	1,3	2,4	3,9	4,2	2,1	1,8	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2
4. F.L.	2,2	3,0	3,7	2,5	2,7	1,7	1,4	1,4	1,4	1,4	1,2	1,4	1,3
5. R.S.	1,5	3,2	5,2	3,9	2,6	2,5	1,4	1,6	1,7	1,4	1,5	1,5	1,4
6. K.H.	1,8	3,2	4,4	3,8	4,0	2,9	2,0	1,8	1,5	1,4	1,5	1,5	1,4
7. K.	1,6	1,8	3,7	4,3	4,8	3,4	1,7	1,7	1,9	1,5	1,7	1,8	1,6
8. D.W.	1,7	3,2	3,0	4,2	2,2	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,4	1,5	1,5
$\bar{x}$:	qp2866	qp0649	qp0276	qp0098	qp0396	qp0092	qp02513	qp02675	qp03313	qp04250	qp04413	qp04100	qp04375
s:	qp01387	qp00719	qp00697	qp00163	qp00325	qp00880	qp01326	qp00972	qp01422	qp01176	qp01681	qp01655	qp0199
$\bar{s}$:	qp01159	qp00602	qp00583	qp00126	qp00271	qp00736	qp01109	qp00813	qp01189	qp00983	qp01406	qp01383	qp01002
	1,65	2,19	2,56	3,01	2,40	2,00	1,60	1,57	1,48	1,37	1,36	1,39	1,36

Tabelle 10

Veränderung des pH-Wertes in Abhängigkeit von der Zeit

Kost: 150 g Karottenbrei

+ 20 g Fett

290 g Kartoffelbrei

	B	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
1. A.H.	1,2	2,9	2,8	2,3	2,2	1,6	1,4	1,2	1,1	1,3	1,4	1,4	1,4
2. H.B.	1,8	3,4	3,6	2,9	2,6	1,5	1,3	1,0	1,2	1,3	1,5	1,3	1,3
3. D.S.	1,2	2,1	3,4	2,6	1,5	1,4	1,4	1,2	1,2	1,3	1,4	1,4	1,3
4. F.L.	1,6	3,1	2,5	1,6	1,4	1,4	1,4	1,5	1,4	1,5	1,5	1,6	1,5
5. R.S.	1,7	1,9	2,3	4,3	4,1	4,1	1,7	1,6	1,3	1,6	1,4	1,5	1,5
6. K.H.	1,9	2,4	3,0	3,1	3,6	3,5	2,3	1,7	1,7	1,7	1,3	1,4	1,4
7. K.	1,7	4,7	3,4	3,6	2,5	2,5	2,5	1,7	1,8	1,8	1,7	1,6	1,7
8. D.W.	1,8	3,1	4,6	4,0	3,8	3,4	2,2	1,8	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4
$\bar{x}$:	0,0295	000353	000148	000437	001056	001762	002916	004238	004575	003663	003800	003775	003800
s:	002098	000465	000175	000849	001598	001842	001644	001995	002304	001499	000007	000981	000997
$\bar{s}$:	001754	0003884	000147	000711	001336	001539	001408	002504	001926	001254	000833	000820	000835
	1,53	2,45	2,83	2,36	1,98	1,754	1,54	1,37	1,34	1,44	1,42	1,42	1,42

Tabelle 11 Veränderung des pH-Wertes in Abhängigkeit von der Zeit

Kost: 150 g Karottenbrei
+ 40 g Fett
200 g Kartoffelbrei

	B	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
1. A.H.	1,7	3,3	3,9	1,9	2,2	2,6	2,2	1,4	1,1	1,2	1,2	1,2	1,5
2. H.B.	2,0	1,4	3,7	2,6	2,0	1,7	1,9	2,1	1,5	1,4	1,3	1,5	1,6
3. D.S.	1,5	1,2	3,4	3,7	3,0	1,8	1,7	1,4	1,4	1,1	1,3	1,4	1,2
4. F.L.	1,8	5,0	3,9	2,4	2,4	1,6	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2	1,5	1,3
5. R.S.	1,2	1,9	4,7	5,1	5,2	4,1	3,8	3,3	1,5	1,3	1,3	1,4	1,3
6. K.H.	1,6	3,3	4,6	4,4	3,5	2,8	2,7	1,8	1,5	1,6	1,4	1,6	1,6
7. K.	1,7	3,2	4,2	4,5	4,3	3,7	3,2	3,1	2,3	2,1	1,4	1,5	1,6
8. D.W.	1,9	4,2	5,4	4,8	4,8	4,1	2,7	2,3	2,3	2,1	1,5	1,3	1,4
$\bar{x}$:	0,0249	q0147	q000122	q00247	q00363	q00818	q01339	q02165	q0380	q04397	q0485	q03925	q03875
s:	0,0169	q0239	q000131	q00451	q00446	q0104	q0212	q0232	q02842	q02886	q01098	q01219	q01441
$\bar{s}$:	0,0144	q0200	q000110	q00377	q0373	q00868	q01774	q01939	q0238	q02413	q00918	q01019	q01206
	1,6	1,83	3,91	2,61	2,44	2,09	187	1,67	1,42	1,36	1,31	1,41	1,41

Kost: 150 g Karottenbrei

+ 80 g Fett

200 g Kartoffelbrei

	B	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
1. A.H.	1,9	1,4	2,6	2,1	2,3	2,7	2,1	1,8	1,7	1,6	1,2	1,2	1,2
2. H.B.	1,9	4,6	4,2	3,7	3,1	2,9	2,9	2,9	2,3	1,9	1,7	1,6	1,4
3. D.S.	1,6	2,3	2,8	3,1	2,1	2,0	1,8	1,6	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3
4. F.L.	2,2	3,5	5,2	3,0	2,6	2,6	1,6	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
5. R.S.	1,2	2,7	5,3	3,9	2,6	2,2	2,9	1,4	1,4	1,3	1,1	1,3	1,3
6. K.H.	1,9	3,2	3,2	3,2	2,7	2,1	1,7	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,3
7. K.	1,4	3,4	4,8	4,5	3,0	3,4	2,7	1,9	1,5	1,2	1,2	1,3	1,3
8. D.W.	2,1	2,5	3,1	3,0	2,9	2,1	2,3	2,4	2,2	2,2	1,5	1,4	1,4
$\bar{x}$:	q02265	q00645	q000685	q00146	q00287	q00478	q00981	q0253	q0351	q0393	q0541	q0505	q0508
s:	q0196	q0137	q00092	q00263	q00242	q00365	q0093	q0211	q0229	q0211	q0193	q0133	q00873
$\bar{s}$:	q0164	q0114	q00077	q00220	q00203	q00305	q00775	q0176	q0192	q0176	q0161	q0111	q00729
	1,65	2,19	3,6	2,84	2,54	2,32	2,01	1,60	1,46	1,41	1,28	1,30	1,29

Tabelle 13

Vergleich der Mahlzeiten mit verschiedenem Fettgehalt

1. ZWEIFACHE VARIANZANALYSE

Fallzahl $n = 40$; Zeilenzahl $r = 8$; Spaltenzahl $s = 5$;

Variationsursache	SAQ	FG	MAQ
A: Zw. d. Probanden	14304,4	7 (r-1)	2043,5
B: Zw. d. Fettgehalten	5085,0	4 (s-1)	1271,3
Rest	6705,0	28 (r-1) (s-1)	239,5
Insgesamt	26094,4	39 (n-1)	

	$\bar{x}$	p	q (0,05)	Rp	q (0,01)	Rp	q (0,005)	Rp
5	120,0	-	————	————	————	————	————	————
4	120,0	2	2,898	15,9	3,911	21,4	4,314	————
2	114,4	3	3,045	16,7	4,079	22,3	4,486	24,5
3	97,5	4	3,141	17,2	4,192	22,9	4,603	25,2
1	93,8	5	3,208	17,6	4,274	23,4	4,690	25,7

	1	3	2	4
5	<u>26,2</u>	<u>22,5</u> —	5,6	0,00
4	<u>26,2</u>	<u>22,5</u> —	5,6	
2	<u>20,6</u> —	<u>16,9</u> —		
3	3,7			
1				

— — — — $0,05 > p > 0,01$ — — — — — $0,01 > p > 0,005$ ———— $p \leq 0,005$

Varianzanalyse/Test von KRUSKAL und WALLIS

FRIEDMAN-TEST

	1	2	3	4	5
$\bar{x}$	93,8	114,4	97,5	120,0	120,0
s	28,6	19,5	22,7	25,4	25,4
$\bar{s}$	23,9	16,3	18,96	21,2	21,2

	0 g F	10 g F	20 g F	40 g F	80 g F
i	x_{1i}	x_{2i}	x_{3i}	x_{4i}	x_{5i}
1	75	120	105	105	105
2	60	105	75	120	135
3	75	120	105	105	105
4	75	75	60	75	90
5	90	135	90	135	150
6	105	105	105	120	90
7	135	135	135	150	135
8	135	120	105	150	150

L e b e n s l a u f

Am 21. 11. 1940 wurde ich als Sohn des Apothekers Karl Schüle und seiner Ehefrau Dr. med. dent. Gertrud Schüle, geb. Burgel, in Ansbach geboren. Von 1946 - 1950 besuchte ich hier die Volksschule und anschließend die Oberrealschule, die ich 1959 mit dem Abitur abschloß. Anschließend begann ich in der Hof-Apotheke Erlangen mit dem pharmazeutischem Praktikum. Nach dem Vorexamen studierte ich von 1961 bis 1965 an der Universität Würzburg Pharmazie und begann nach dem bestandenen pharmazeutischen Staatsexamen im Wintersemester 1965 an der Universität Erlangen mit dem Medizinstudium. Im September 1966 legte ich hier die ärztliche Vorprüfung und im Wintersemester 1969/70 das ärztliche Staatsexamen ab.

Meine Medizinalassistentenzeit absolvierte ich vom 1.4. 1970 bis 31. 3. 1971 im Kreiskrankenhaus Neustadt/Aisch und in der Medizinischen Universitätsklinik Erlangen.

Am 1. 4. 1971 übernahm ich nach dem Tod meines Vaters die elterliche Apotheke in Ansbach.

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen, Hauptstr. 109 (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990